



a

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 46 036 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**B 60 T 8/00**  
B 60 T 8/32  
B 60 T 8/60  
B 62 D 37/00

⑳ Aktenzeichen: 100 46 036.4  
㉔ Anmeldetag: 18. 9. 2000  
㉔3 Offenlegungstag: 28. 3. 2002

DE 100 46 036 A 1

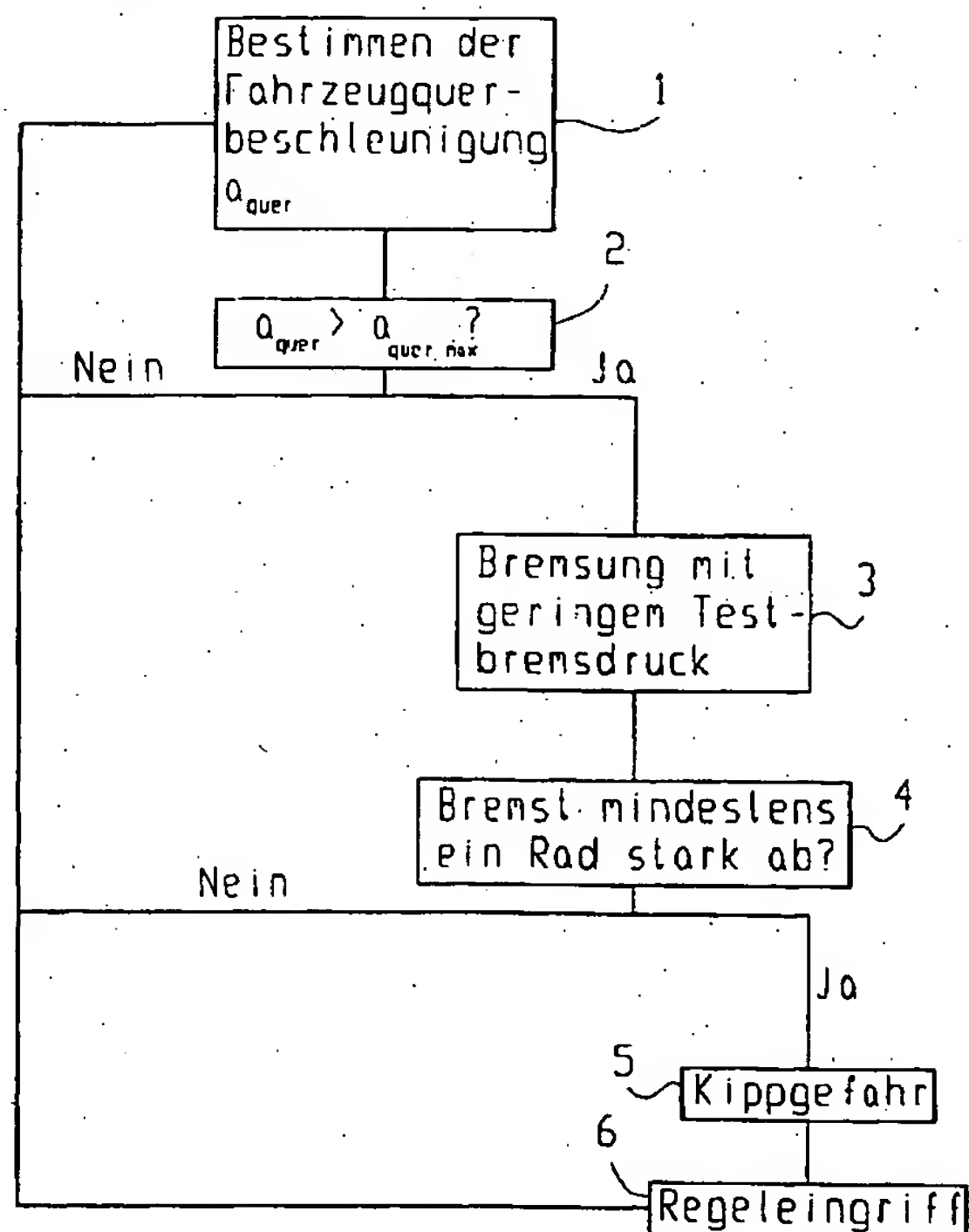
㉔1 Anmelder:  
Knorr-Bremse Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH,  
80809 München, DE

㉔2 Erfinder:  
Dohány, Tamás, ., HU; Szabó, Gergely, Budapest,  
HU; Merza, Valér, Szentendre, HU

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

㉔4 Verfahren zum Abschätzen der Umkipppgefahr eines Fahrzeugs

㉔7 Bei dem Verfahren wird die Gefahr des seitlichen Umklippens des Fahrzeugs redundant, d. h. durch verschiedene Unterverfahren abgeschätzt. Bei einem Unterverfahren wird die Umkipppgefahr in Abhängigkeit vom aktuellen Bremszustand des Fahrzeugs - gebremst bzw. stark gebremst oder ungebremst bzw. schwach gebremst - durch Überwachen des Raddrehzahlverhaltens der kurveninneren Räder abgeschätzt. Bei einem anderen Unterverfahren wird die Wankbewegung des Fahrzeugs um seine Längsachse auf der Basis momentaner Bewegungsgrößen für eine kurze Zeitspanne von z. B. 0,5 s bis 1,5 s vorausberechnet und anhand der erwarteten Wankbewegung die Umkipppgefahr beurteilt.



DE 100 46 036 A 1

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abschätzen der Umkipppgefahr eines Fahrzeugs gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Aus der DE 196 02 879 C1 ist ein Verfahren zum Erfassen der Gefahr des Umkippens eines mit ABS ausgerüsteten Fahrzeugs bekannt, bei dem ständig die Querbesehleunigung des Fahrzeugs überwacht wird. Überschreitet die Querbesehleunigung einen vorgegebenen Grenzwert, so erfolgt ein Bremseneingriff mit einer geringen Testbremskraft. Hierbei wird überwacht, ob die Testbremskraft an dem zugeordneten Rad zu einem ABS-Eingriff führt, d. h. zu einer Blockiergefahr, was ein Indiz dafür ist, daß nur noch eine geringe Radaufstandskraft vorhanden ist bzw. daß das Rad bereits von der Fahrbahn abgehoben hat und Umkipppgefahr besteht. Es wird also allein der Beginn des ABS-Regeleingriffs als Indiz für eine Umkipppgefahr verwendet.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dem die Umkipppgefahr noch zuverlässiger abschätzbar ist.

[0004] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0005] Das Grundprinzip der Erfindung besteht in einem Verfahren, bei dem die Gefahr des seitlichen Umkippens des Fahrzeugs redundant, d. h. durch verschiedene Unterverfahren abschätzbar ist.

[0006] Bei einem Unterverfahren wird die Umkipppgefahr in Abhängigkeit vom aktuellen Bremszustand des Fahrzeugs – gebremst bzw. stark gebremst oder ungebremst bzw. schwach gebremst – durch Überwachen des Raddrehzahlverhaltens der kurveninneren Räder abgeschätzt.

[0007] Bei einem anderen Unterverfahren wird die Wankbewegung des Fahrzeugs um seine Längsachse auf der Basis momentaner Bewegungsgrößen für eine kurze Zeitspanne von z. B. 0,5 s bis 1,5 s vorausberechnet und anhand der erwarteten Wankbewegung die Umkipppgefahr beurteilt.

[0008] Die Gefahr des seitlichen Umkippens des Fahrzeugs bei Kurvenfahrten kann somit durch sequentielles bzw. paralleles Durchführen verschiedener Überwachungsverfahren besser abgeschätzt werden.

[0009] Zur Ermittlung der Umkipppgefahr wird ständig die Querbesehleunigung des Fahrzeugs bzw. die Winkelbesehleunigung um die Fahrzeuglängsachse sensiert. Das Überschreiten eines vorgegebenen Querbesehleunigungsgrenzwertes ist ein erstes Indiz dafür, daß sich das Fahrzeug in einer kritischen Situation befindet, in der eine Umkipppgefahr bestehen kann.

[0010] Ob tatsächlich eine Umkipppgefahr besteht, wird folgendermaßen überprüft:

a) In Abhängigkeit davon, ob das Fahrzeug gebremst oder ungebremst ist, wird bei Überschreiten einer vorgegebenen Querbesehleunigung der Bremsdruck an einzelnen Rädern verändert und das sich einstellende Raddrehzahlverhalten überwacht.

Bei ungebremstem Fahrzeug werden einzelne oder mehrere Räder gleichzeitig mit einem geringen Testbremsdruck beaufschlagt. Wenn sich durch den Testbremsdruck die Raddrehzahl nicht bzw. nur sehr wenig ändert, ist dies ein Indiz für eine hinreichend hohe Radaufstandskraft auf der Fahrbahn, d. h. das Rad droht nicht abzuheben. Wird das Rad hingegen bereits durch den geringen Testbremsdruck stark abgebremst, so ist dies ein Indiz für eine geringe Radaufstandskraft bzw. daß das Rad bereits von der Fahrbahn abgehoben hat.

Bei gebremstem Fahrzeug wird an einzelnen oder mehreren Rädern gleichzeitig der Bremsdruck kurzzeitig abgesenkt und überwacht, ob sich die Raddrehzahl wenig oder stark ändert. Ändert sich die Raddrehzahl nur wenig oder gar nicht, so ist dies ein Indiz dafür, daß das Rad bereits abgehoben hat bzw. kurz vor dem Abheben ist. Wird das Rad hingegen relativ stark beschleunigt, so läßt dies darauf schließen, daß noch eine hinreichende Radaufstandskraft vorhanden ist.

c) Ferner wird anhand von Momentanbewegungsgrößen des Fahrzeugs die Wankbewegung für einen Zeitraum von beispielsweise 0,5–1,5 s vorausberechnet. Hierfür können insbesondere die Fahrzeugquerbesehleunigung, der zeitliche Gradient der Fahrzeugquerbesehleunigung sowie die Frequenz bzw. die Schwingungsdauer der Wankbewegung des Fahrzeugs um seine Längsachse verwendet werden. Mittels vorgegebener Bewegungsgleichungen, in die diverse Fahrzeugparameter, wie z. B. die Masse des unbeladenen Fahrzeugs, der Beladungszustand, die Lage des Fahrzeugschwerpunkts etc., eingehen, kann die zu erwartende Wankbewegung und somit die Kippgefahr des Fahrzeugs abgeschätzt werden. Die Zeitspanne für die eine Abschätzung möglich ist, hängt von der Fahrzeuggeschwindigkeit ab. Je höher die Fahrzeuggeschwindigkeit, umso früher muß eine kritische Situation erkannt werden.

[0011] Wird ein kritischer Fahrzustand, d. h. die Gefahr des Umkippens des Fahrzeugs erkannt, erfolgt ein Regeleingriff des Bremssystems, z. B. selektiv an einzelnen Rädern, wodurch die Umkipppgefahr verringert und das Fahrzeug stabilisiert wird. Sofern eine Fahrsituation anhand der o. g. Verfahren unterschiedlich kritisch eingeschätzt wird, unterscheiden sich folglich auch die zur Fahrstabilisierung als erforderlich erachteten Regeleingriffe. Vorzugsweise wird dann der Regeleingriff mit der stärksten Bremsanforderung ausgewählt. Ferner wird dem ABS-System des Anhängerfahrzeugs gestattet, die gewählte Bremsanforderung zu verringern, so daß die Fahrzeugbewegung in der Kurvenfahrt beherrschbar bleibt.

[0012] Ein besonders vorteilhaftes Anwendungsgebiet der Erfindung liegt im Nutzfahrzeugbereich, da gerade hier immer wieder Unfälle durch Umkippen der von Zugfahrzeugen oder Anhängerfahrzeugen in Kurven oder bei heftigen Lenkbewegungen in Gefahrensituationen auftreten. Das Verfahren ist insbesondere für Sattelschleppergespanne geeignet, da sich gefährliche, durch die dynamischen Fahrzeugbewegungen hervorgerufene Fahrzustände, die zum Umkippen des Sattelauflegers führen würden, zuverlässiger erkennen lassen und rechtzeitig ein Bremseneingriff durchgeführt werden kann.

[0013] Vorzugsweise ist das Verfahren in ein elektronisches Steuergerät (ECU) implementiert, das auf dem Zugfahrzeug oder dem Anhängerfahrzeug bzw. Auflieger angeordnet sein kann. Wenn das Steuergerät auf dem Zugfahrzeug angeordnet ist, wird das Steuergerät über eine Verbindungsleitung mit dem ABS-System des Anhängers verbunden.

[0014] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

[0015] Fig. 1 ein Flußdiagramm eines Verfahrens zur Abschätzung der Umkipppgefahr eines ungebremsten Fahrzeugs;

[0016] Fig. 2 ein Flußdiagramm zur Abschätzung der Umkipppgefahr eines gebremsten Fahrzeugs; und

[0017] Fig. 3 ein Flußdiagramm zur Abschätzung der

Umkipppgefahr auf der Basis momentaner Bewegungsgrößen des Fahrzeugs.

[0018] Ausgangspunkt bei der Abschätzung der Umkipppgefahr eines Fahrzeugs ist die Bestimmung der Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{\text{quer}}$ , was z. B. durch einen im Fahrzeug vorgesehenen Querbeschleunigungssensor möglich ist.

[0019] Fig. 1 zeigt ein Flußdiagramm zur Abschätzung der Umkipppgefahr eines ungebremsen Fahrzeugs, wobei hier in Schritt 1 die Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{\text{quer}}$  bestimmt wird. "Ungebremsen" bedeutet, daß vom Fahrer kein Bremsanforderungssignal vorliegt. In Schritt 2 wird die sensierte Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{\text{quer}}$  mit einem vorgegebenen Querbeschleunigungsgrenzwert  $a_{\text{quermax}}$  verglichen. Ist die sensierte Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{\text{quer}}$  kleiner oder gleich dem vorgegebenen Querbeschleunigungsgrenzwert  $a_{\text{quermax}}$ , so wird davon ausgegangen, daß keine Umkipppgefahr besteht. Sofern das Fahrzeug weiterhin ungebremsen ist, wird zu Schritt 1 zurückgesprungen.

[0020] Ist die sensierte Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{\text{quer}}$  größer als der vorgegebene Querbeschleunigungsgrenzwert  $a_{\text{quermax}}$ , so wird zumindest an einem oder mehreren kurveninneren Fahrzeugrädern die zugeordnete Fahrzeugbremse mit einem geringen Testbremsdruck beaufschlagt. "Gering" bedeutet, daß der Testbremsdruck wesentlich kleiner als der Bremsdruck bei einer Vollbremsung ist und bei einer normalen Geradeausfahrt des Fahrzeugs zu keiner bzw. nur einer unwesentlichen Abbremsung des Rades bzw. des Fahrzeugs führt.

[0021] In Schritt 4 wird überprüft, ob bzw. wie sich das Raddrehzahlverhalten des Rades der mit Testdruck beaufschlagten Bremse ändert. Ändert sich die Raddrehzahl nicht bzw. nur unwesentlich, so läßt dies darauf schließen, daß an dem betrachteten kurveninneren Rad eine hinreichend hohe Radaufstandskraft vorhanden ist, die das Rad mit dreht, und folglich, daß keine Kippgefahr besteht. In diesem Fall wird wieder mit Schritt 1 begonnen. Wird das Rad hingegen stark abgebremst, so deutet dies auf einen Zustand 5 hin, in dem Kippgefahr besteht.

[0022] In diesem Fall erfolgt in Schritt 6 ein Regeleingriff durch das Bremssystem. Durch einen ggf. radselektiven Bremseneingriff vergrößert sich die Radaufstandskraft wieder, und die Kippgefahr wird verringert. Ist das Fahrzeug weiterhin ungebremsen, so wird erneut mit Schritt 1 begonnen.

[0023] Fig. 2 zeigt ein Flußdiagramm zur Abschätzung der Umkipppgefahr eines gebremsten Fahrzeugs. "Gebremst" bedeutet, daß der Fahrer über das Bremspedal einen Bremsdruck vorgibt, der größer als der o. g. Testbremsdruck ist. Entsprechend Fig. 1 wird in Schritt 1 die Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{\text{quer}}$  ermittelt, und in Schritt 2 wird überprüft, ob die sensierte Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{\text{quer}}$  größer bzw. kleiner oder gleich dem vorgegebenen Querbeschleunigungsgrenzwert  $a_{\text{quermax}}$  ist.

[0024] Sofern die sensierte Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{\text{quer}}$  größer als der Querbeschleunigungsgrenzwert  $a_{\text{quermax}}$  ist, wird in Schritt 7 der vom Fahrer vorgegebene Bremsdruck kurzzeitig an einem oder mehreren kurveninneren Rädern abgesenkt, worauf in Schritt 8 die sich einstellende Änderung der Raddrehzahl überwacht wird. Ändert sich die Raddrehzahl des bzw. der untersuchten kurveninneren Räder nur, wenig, so läßt dies darauf schließen, daß keine bzw. nur noch eine geringe Radaufstandskraft vorhanden ist, d. h. daß das zugeordnete Rad sich kurz vor dem Abheben von der Fahrbahn befindet bzw. bereits abgehoben hat und daher nicht mehr beschleunigt wird. Folglich ist davon auszugehen, daß in Zustand 5 Kippgefahr besteht, die durch einen Regeleingriff der Bremsanlage in Schritt 6 verringert wird.

[0025] Fig. 3 beschreibt ein Verfahren zur Abschätzung der Umkipppgefahr auf der Basis momentaner Bewegungs-

größen des Fahrzeugs. Bei diesem Verfahren werden in Schritt 9 die Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{\text{quer}}$  ermittelt sowie weitere die Fahrstabilität charakterisierende Größen, wie z. B. die zeitliche Ableitung der Fahrzeugquerbeschleunigung  $da_{\text{quer}}/dt$  und die Periodendauer  $T$  einer Wankschwingung des Fahrzeugs.

[0026] Bei der Sensierung der Fahrzeugquerbeschleunigung  $a_{\text{quer}}$  mittels eines Querbeschleunigungssensors können im Querbeschleunigungssignalverlauf diverse Signalspitzen auftreten, die z. B. durch Rauschsignale, Fahrzeugvibrationen oder Stöße aufgrund von Fahrbahnnunebenheiten erzeugt werden. Derartige "Störgrößen" werden in Schritt 10 aus den in Schritt 9 ermittelten Signalen herausgefiltert, wodurch sich die störgrößenbereinigten Größen  $a'_{\text{quer}}$ ,  $da'_{\text{quer}}/dt$ ,  $T$  ergeben.

[0027] Mittels vorgegebenen Bewegungsgleichungen des Fahrzeugs wird in Schritt 11 für eine bevorstehende kurze Zeitspanne von z. B. 0,5–1,5 s die erwartete Wankbewegung des Fahrzeugs vorausberechnet. In diese Bewegungsgleichungen können diverse fahrzeugspezifische Parameter, wie z. B. Fahrzeugmasse im unbeladenen Zustand, Lage des Fahrzeugschwerpunkts, Feder/Dämpfungsparameter des Fahrzeugs, das momentane Motormoment sowie "Randbedingungen", wie z. B. die Fahrbahnneigung, etc., eingehen.

[0028] Anhand der vorausberechneten Wankbewegung kann abgeschätzt werden, ob in Zustand 12 Kippgefahr besteht. Analog zu den in Fig. 1 und 2 erläuterten Verfahren erfolgt bei Bestehen der Kippgefahr ein Regeleingriff (Schritt 6) des Bremssystems, der die Kippgefahr verringert.

[0029] Insbesondere das in Fig. 3 beschriebene Verfahren ermöglicht es, gefährliche fahrdynamische Zustände, wie z. B. in einer sich verengenden Kurve, bei einem mehrfachen Fahrstreifenwechsel, eine plötzlich eingeleitete länger andauernde Lenkbewegung etc., was zu einer Umkippsituation führen kann, rechtzeitig zu erkennen.

[0030] Die in den Fig. 1–3 beschriebenen, Verfahren können separat durchgeführt werden. Besonders vorteilhaft ist es aber, wenn sie redundant, d. h. gemeinsam zur Erkennung kritischer Fahrzustände eingesetzt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Abschätzen der Umkipppgefahr eines Fahrzeugs, bei dem

ständig die Querbeschleunigung des Fahrzeugs ermittelt wird, und

in Abhängigkeit von der Querbeschleunigung das Raddrehzahlverhalten von Fahrzeugrädern überwacht wird,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Umkipppgefahr redundant ermittelt wird, und zwar

a) in Abhängigkeit davon, ob das Fahrzeug gebremst oder ungebremsen ist durch das Überwachen des Raddrehzahlverhaltens und

b) durch Vorausberechnen der zu erwartenden Wankbewegung des Fahrzeugs unter Verwendung der Querbeschleunigung ( $a_{\text{quer}}$ ).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschätzung der Umkipppgefahr erst bei Überschreiten einer vorgegebenen Querbeschleunigung ( $a_{\text{quermax}}$ ) durchgeführt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei ungebremsenem Fahrzeug auf eine Fahrzeugbremse ein Testbremsdruck aufgebracht wird, der klein in Bezug auf den Bremsdruck einer Vollbremsung ist, und daß von einer Umkipppgefahr ausgegangen wird, wenn der Testbremsdruck zu



einer starken Abbremsung des zugeordneten Rades führt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei gebremstem Fahrzeug der Bremsdruck einer Fahrzeugbremse abgesenkt wird, und daß von einer Umkipppgefahr ausgegangen wird, wenn die Raddrehzahl des zugeordneten Rades nur wenig bzw. überhaupt nicht zunimmt. 5

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Vorausberechnung der Wankbewegung die zeitliche Änderung der Querschleunigung ( $da_{\text{quer}}/dt$ ) verwendet wird. 10

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Vorausberechnung der Wankbewegung die Schwingungsdauer (T) bzw. die Frequenz der momentanen Wankbewegung des Fahrzeugs verwendet wird. 15

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Vorausberechnung aus den hierfür verwendeten sensierten Bewegungsgrößen des Fahrzeugs Störeinflüsse herausgefiltert werden. 20

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erwartete Wankbewegung des Fahrzeugs für 0,5– 1,5 s vorausberechnet wird. 25

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei ermittelter Umkipppgefahr ein Bremsengriff des Bremssystems des Fahrzeugs erfolgt, der die Umkipppgefahr verringert. 30

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß bei Erkennen einer Umkipppgefahr auf der Basis der Schritte a) und b) des Anspruchs 1 jeweils ein Bremsengriff für das Bremssystem ermittelt wird und derjenige Bremsengriff mit der höheren Bremsanforderung durchgeführt wird. 35

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt a) das Raddrehzahlverhalten kurveninnerer Räder überwacht wird. 40

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß bei ungebremstem Fahrzeug der Testdruck auf Fahrzeugbremsen kurveninnerer Räder aufgebracht wird. 45

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei gebremstem Fahrzeug an Fahrzeugbremsen kurveninnerer Räder der Bremsdruck abgesenkt wird. 50

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

50

55

60

65

- Leerseite -

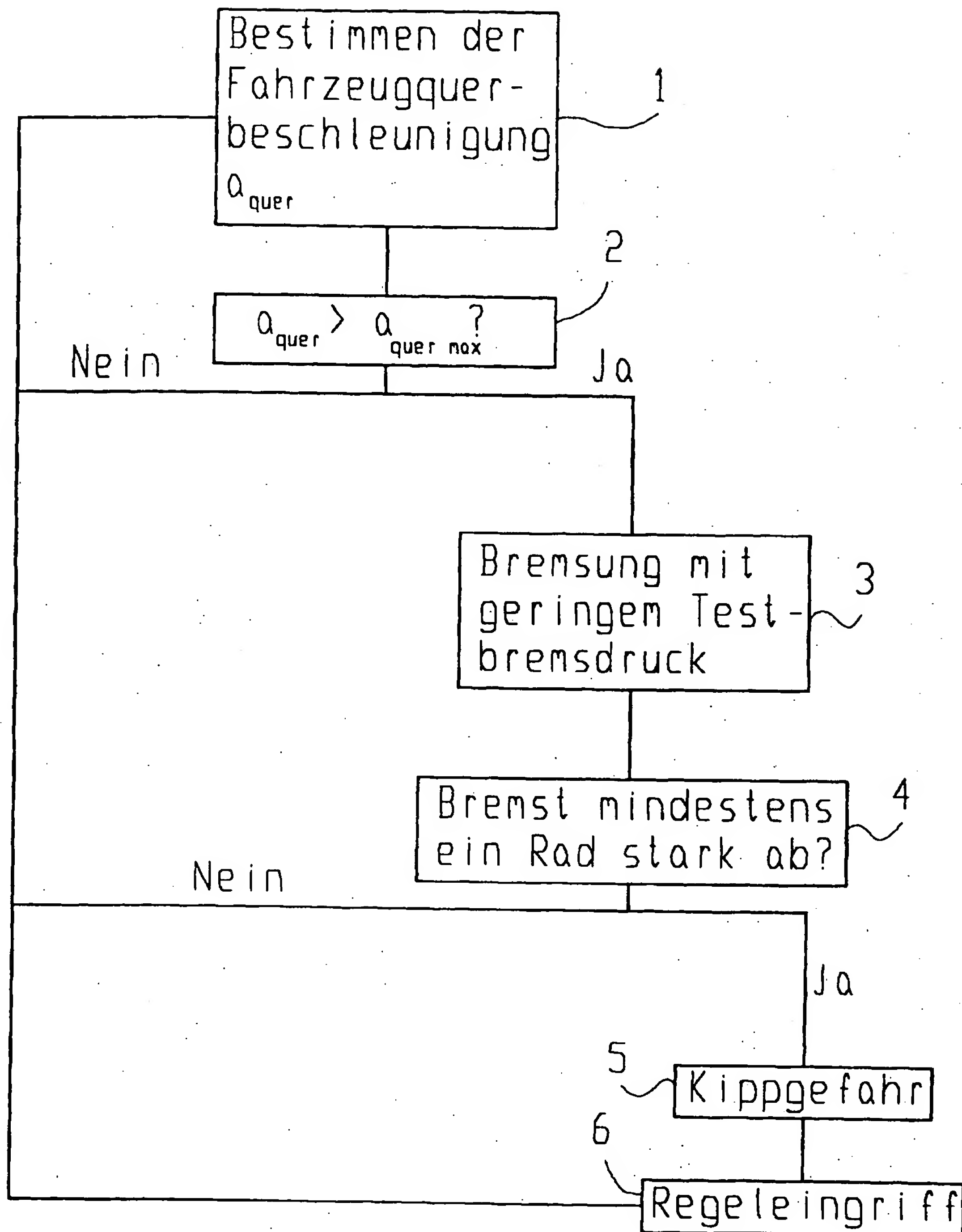


Fig. 1

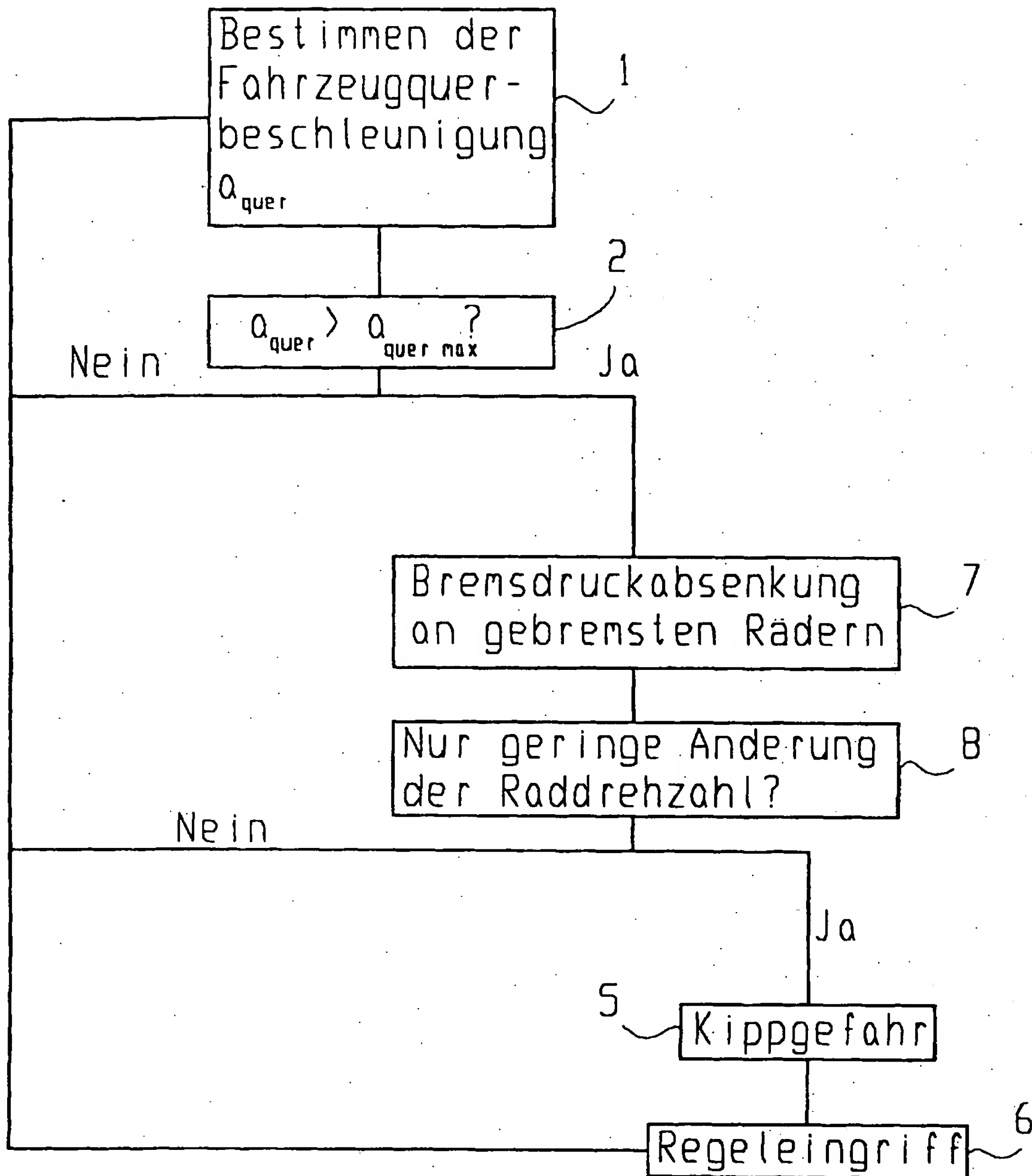


Fig. 2

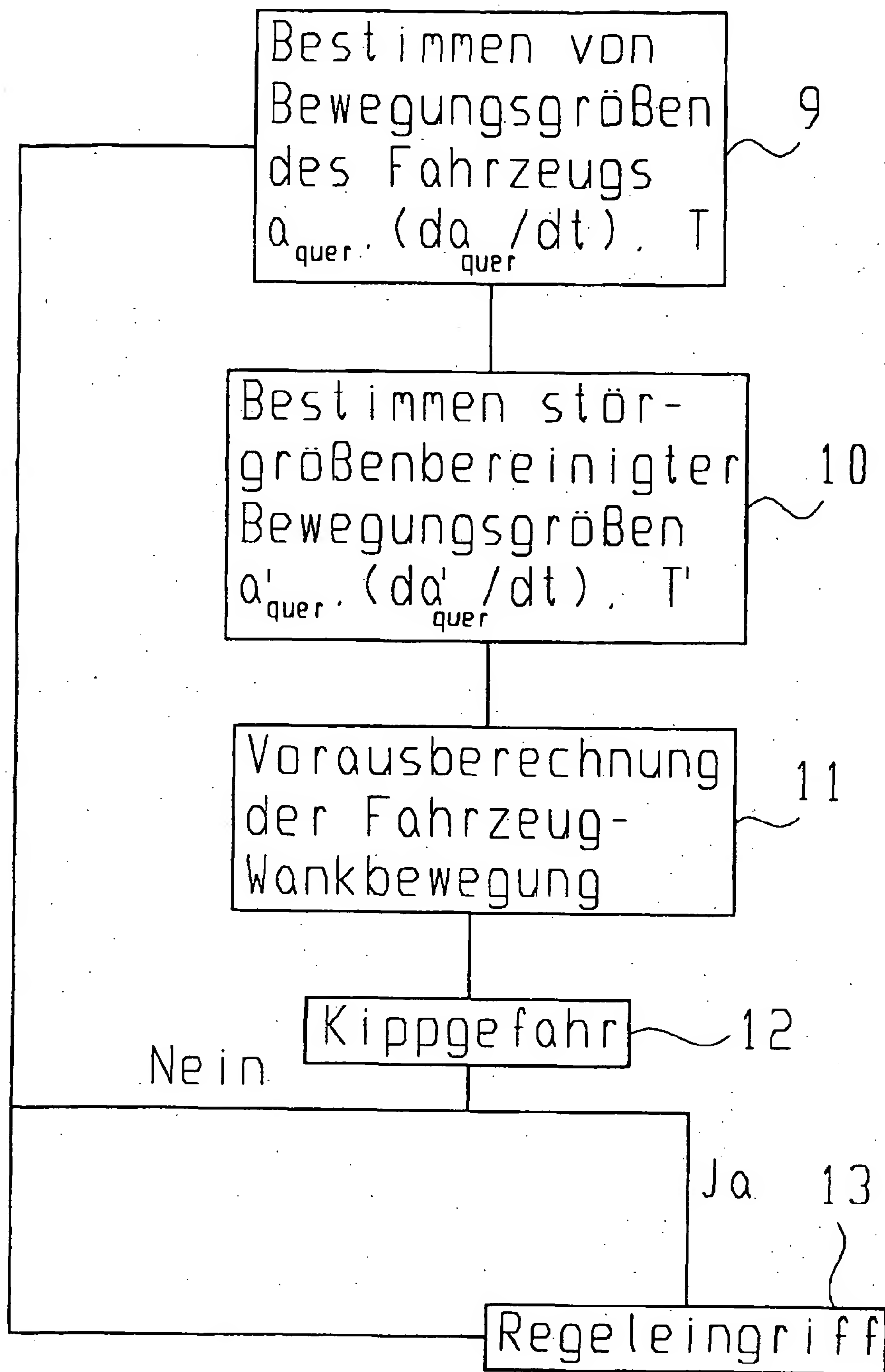


Fig. 3